



(19)

(11) Publication number: **08046413 A**

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN(21) Application number: **06318935**(51) Intl. Cl.: **H01P 7/08 F25B 21/02 H01P 1/208**(22) Application date: **22.12.94**(30) Priority: **27.12.9324.05.94 JPJP
0533092206109385**(43) Date of application
publication: **16.02.96**(84) Designated contracting
states:(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD**(72) Inventor: **ENOHARA AKIRA
SETSUNE KENTARO**

(74) Representative:

**(54) RESONATOR AND
HIGH FREQUENCY
CIRCUIT ELEMENT USING
THE SAME**

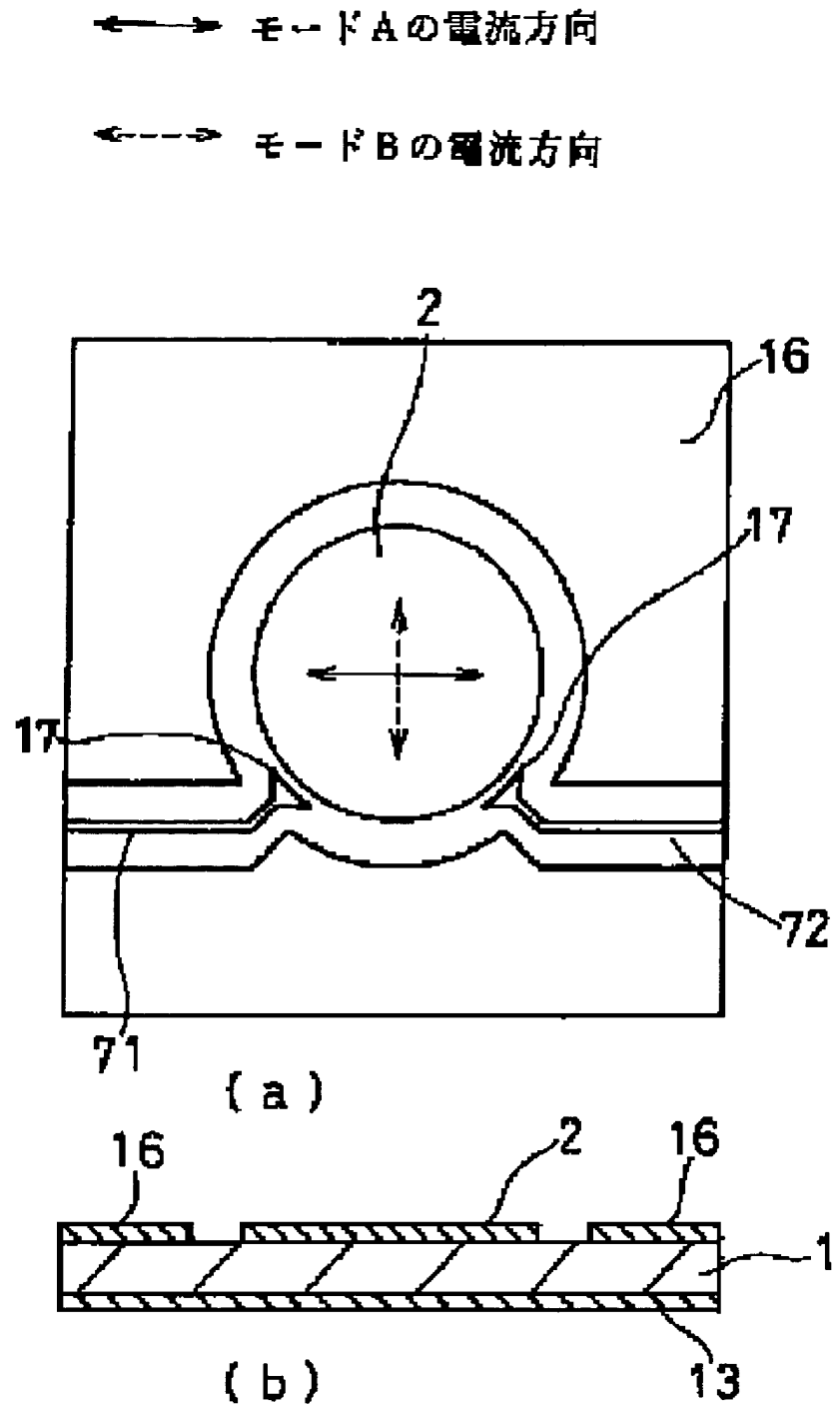
(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a resonator in which resistance loss of a conductor is small and a Q is high with a small-sized structure and to provide a high performance high frequency circuit element using the resonator.

CONSTITUTION: On both surfaces of a substrate 1 composed of lanthanum alumina single crystal of 12mm×12mm×0.5mm, the titanium thin film 0.1nm thick and the gold thin film 1μm thick are laminated in an order and the conductor thin film of a two-layer structure is formed. The conductor thin film on one surface is patterned to an elliptic conductor 2, input terminal parts 71 and 72 and a ground electrode 16 and the conductor thin film on the back surface of the substrate 1 is used as a

ground plane 13 as it is. The long axis diameter of the elliptic conductor 2 is made 7mm, a short axis diameter 6.86mm and the line width of input/output terminals 71 and 72 is made 0.15mm. The line width of the tip part 17 of the input/output terminals 71 and 72 is widened to 2.44mm, the clearance of 20 μ m is placed between the conductor 2 and capacitive coupling is performed. The gap of about 1mm is placed between the ground electrode 16 and the conductor 2 and the input /output terminals 71 and 72.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-46413

(43) 公開日 平成8年(1996)2月16日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 P 7/08	Z A A			
F 2 5 B 21/02		B		
H 0 1 P 1/208	Z A A			

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 13 頁)

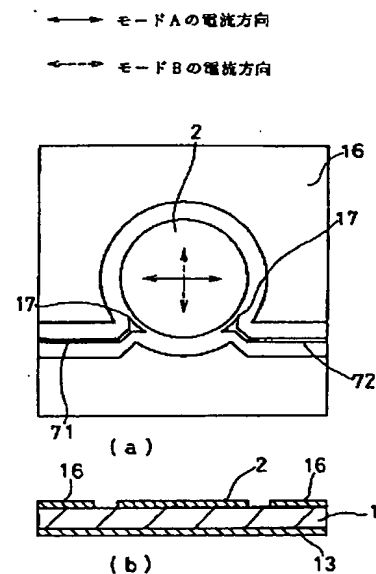
(21) 出願番号	特願平6-318935	(71) 出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22) 出願日	平成6年(1994)12月22日	(72) 発明者	榎原 晃 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平5-330922	(72) 発明者	瀬恒 謙太郎 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
(32) 優先日	平5(1993)12月27日	(74) 代理人	弁理士 池内 寛幸 (外1名)
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		
(31) 優先権主張番号	特願平6-109385		
(32) 優先日	平6(1994)5月24日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

(54) 【発明の名称】 共振器及びその共振器を用いた高周波回路素子

(57) 【要約】

【目的】 導体の抵抗による損失が小さく、Q値の高い共振器を小型な構造で実現し、それを用いた高性能な高周波回路素子を提供する。

【構成】 12mm×12mm×0.5mmのランタンアルミナ単結晶からなる基板1の両面上に、厚さ0.1nmのチタン薄膜と厚さ1μmの金薄膜とを順に積層し、2層構造の導体薄膜を形成する。一方の面上の導体薄膜を、楕円型導体2と入力端子部71、72と接地電極16とにパターン化する。基板1の裏面の導体薄膜はそのままグランドプレーン13として用いる。楕円型導体2の長軸径を7mm、短軸径を6.86mm、入出力端子71、72の線路幅を0.15mmにする。入出力端子71、72の先端部17の線路幅を2.44mmまで広げ、導体2との間に20μmの間隙を置いて容量性結合を行う。接地電極16と導体2、入出力端子71、72との間には約1mmの間隔を置く。



1 基板 2 導体
13 グランドプレーン
16 接地電極
17 先端部
71、72 入出力端子

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に形成された導体からなり、縮退していない直交する 2 つのダイポールモードを共振モードとして有する共振器。

【請求項 2】 導体が滑らかな輪郭形状を有する請求項 1 に記載の共振器。

【請求項 3】 導体の形状が楕円形状である請求項 1 に記載の共振器。

【請求項 4】 マイクロストリップ線路構造、ストリップ線路構造及びコプレーナ導波路構造から選ばれる構造を有する請求項 1 又は 3 に記載の共振器。

【請求項 5】 導体の周囲の基板上に接地電極が形成された請求項 4 に記載の共振器。

【請求項 6】 互いに平行に配置された 2 枚の接地面の間に配置された板状の導体からなる請求項 1 又は 3 に記載の共振器。

【請求項 7】 導体にスリットを設けた請求項 1 又は 3 に記載の共振器。

【請求項 8】 スリットを、共振モードの電流方向と垂直に設けた請求項 7 に記載の共振器。

【請求項 9】 請求項 1～8 のいずれかに記載の共振器を備え、前記共振器を構成する導体の外周上において、少なくとも 1 個の入出力端子が前記共振器と結合する高周波回路素子。

【請求項 10】 共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードのうち、2 つの互いに直交するダイポールモードのいずれか一方のモードのみが励振される互いに相異なる 2 地点を入出力結合点 1、2 とし、前記入出力結合点 1、2 において、入出力端子がそれぞれ前記共振器と結合する請求項 9 に記載の高周波回路素子。

【請求項 11】 共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードのうち、2 つの互いに直交するダイポールモードのいずれか一方のモードのみが励振される互いに相異なる 2 地点を入出力結合点 1、2 とし、他方のモードのみが励振される互いに相異なる 2 地点を入出力結合点 3、4 とし、前記入出力結合点 1～4 において、入出力端子がそれぞれ前記共振器と結合する請求項 9 に記載の高周波回路素子。

【請求項 12】 共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードのうち、2 つの互いに直交するダイポールモードを同等に励振でき、かつ、互いに隣接する位置関係にある 2 地点を入出力結合点 1、2 とし、前記入出力結合点 1、2 において、入出力端子がそれぞれ前記共振器と結合する請求項 9 に記載の高周波回路素子。

【請求項 13】 共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードのうち、2 つの互いに直交するダイポールモードを同等に励振でき、かつ、互いに対向する位置関係にある 2 地点を入出力結合点 1、2 とし、前

2

記入出力結合点 1、2 において、入出力端子がそれぞれ前記共振器と結合する請求項 9 に記載の高周波回路素子。

【請求項 14】 共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードのうち、2 つの互いに直交するダイポールモードを同等に励振できる地点を入出力結合点 1 とし、前記ダイポールモードのいずれか一方のモードのみが励振される地点を入出力結合点 2、他方のモードのみが励振される地点を入出力結合点 3 とし、前記入出力結合点 1～3 において、前記入出力端子がそれぞれ前記共振器と結合する請求項 9 に記載の高周波回路素子。

【請求項 15】 請求項 1～8 のいずれかに記載の共振器を複数個備え、前記共振器が互いに結合している高周波回路素子。

【請求項 16】 共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードのうち、2 つの互いに直交するダイポールモードを同等に励振でき、かつ、互いに隣接する位置関係にある 2 地点を入出力結合点 1、2 とし、複数個の前記共振器が前記入出力結合点 1、2 を介して互いに直列に結合しており、かつ、前記複数個の共振器のうちの両端に位置する共振器に属する前記入出力結合点のうち、隣接する共振器と結合していない方の結合点において、2 つの入出力端子が前記両端に位置する共振器とそれぞれ結合する請求項 15 に記載の高周波回路素子。

【請求項 17】 入出力端子が伝送線路からなり、前記伝送線路の一端が、共振器を構成する導体と容量性又は誘導性の結合をしている請求項 9～16 のいずれかに記載の高周波回路素子。

【請求項 18】 伝送線路の先端部分が、共振器を構成する導体の外周と間隙部を挟んで対向することによって容量性の結合をしている請求項 17 に記載の高周波回路素子。

【請求項 19】 伝送線路の先端部分の線路幅を広げた請求項 18 に記載の高周波回路素子。

【請求項 20】 導体材料として超伝導体を用いる請求項 1～8 のいずれかに記載の共振器又は請求項 9～19 のいずれかに記載の高周波回路素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、通信システムなどの高周波信号処理装置に用いられるフィルタ、分波器などをはじめとする共振器を基本に構成される高周波回路素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 高周波通信システムにおいては、フィルタ、分波器などをはじめとする共振器を基本に構成される高周波回路素子は不可欠の要素である。特に、移動体通信システムなどにおいては、周波数帯域の有効利用のために、狭帯域なフィルタが要求される。また、移

動体通信の基地局や通信衛星などにおいては、狭帯域で低損失でかつ小型で、大きな電力に耐えることのできるフィルタが強く要望されている。

【0003】現在用いられている共振器フィルタなどの高周波回路素子としては、誘電体共振器を用いたもの、伝送線路構造を用いたもの、表面弾性波素子を用いたものなどが主流となっている。このうち、伝送線路構造を用いたものは、小型で、マイクロ波、ミリ波領域の高周波まで適用することができ、さらに、基板上に形成する2次元的な構造であり、他の回路や素子との組み合わせが容易であるため、広く利用されている。従来、このタイプの共振器としては、伝送線路による1/2波長共振器が最も一般的に利用されており、さらに、この1/2波長共振器を複数個結合させることにより、フィルタなど的高周波回路素子が構成されている（詳解 例題・演習 マイクロ波回路 東京電機大学出版局）。

【0004】また、他の従来例として、平面回路構造を用いたものがある。その代表例としては、円板型共振器を用い、その外周の一部に突起部を設けてダイポールモードを結合させることにより、フィルタ特性を発揮させるものがある【電子通信学会論文誌 72/8 Vol. 5 5-B No. 8 「マイクロ波平面回路の解析的取扱（Analysis of Microwave Planar Circuit）」 三好旦六、大越孝敬】。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、1/2波長共振器などの伝送線路構造の共振器では、導体中における高周波電流が部分的に集中するために、導体の抵抗による損失が比較的大きく、共振器ではQ値の劣化、フィルタを構成した場合には損失の増加を招いてしまう。また、通常よく利用されるマイクロストリップ線路構造の1/2波長共振器を用いた場合には、回路から空間への放射による損失の影響も問題となる。

【0006】また、円板共振器に突起部を設けたタイプの平面回路構造の共振器では、突起部分において電流の集中が起り、さらに、突起部における構造の不連続性は、信号波が空間へ放射する原因となるため、このタイプの共振器においてもQ値の劣化を招き、このタイプの共振器によってフィルタを構成した場合にも損失の増加を招く。

【0007】これらの影響は、構造を小型化したり、動作周波数を高くすると、さらに顕著になる。損失が比較的小さく、耐電力性に優れた共振器としては、誘電体共振器が利用されているが、これは立体構造を有しており、かつ、サイズが大きいために、高周波回路素子の小型化にとっては問題である。

【0008】また、超伝導体を利用することにより、これら高周波回路素子の低損失化を図ることも可能であるが、上記した従来の構造のものでは、電流の過度の集中によって超伝導性が破壊されるために、大きな電力の信

号を利用することは困難である。実際の測定例でも、最大入力電力は数十mW程度であり、実用的なレベルには達していない。

【0009】以上のようなことから、マイクロ波、ミリ波など的高周波において、小型で、2次元的構造で他の回路や素子との整合性が良く、かつ、高性能な共振器フィルタ等の高周波回路素子を実現するためには、伝送線路構造や平面回路構造の共振器が有するこのような問題を解決することが極めて重要である。

10 【0010】本発明は、前記従来技術の課題を解決するため、導体の抵抗による損失が小さく、Q値の高い共振器を小型な構造で実現し、それを用いた高性能な高周波回路素子を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明に係る共振器の構成は、基板上に形成された導体からなり、縮退していない直交する2つのダイポールモードを共振モードとして有するものである。

20 【0012】また、前記本発明の共振器の構成においては、導体が滑らかな輪郭形状を有するのが好ましい。また、前記本発明の共振器の構成においては、導体の形状が楕円形状であるのが好ましい。

【0013】また、前記本発明の共振器の構成においては、マイクロストリップ線路構造、ストリップ線路構造及びコプレナー導波路構造から選ばれる構造を有するのが好ましく、この場合にはさらに、導体の周囲の基板上に接地電極を形成するのが好ましい。

30 【0014】また、前記本発明の共振器の構成においては、互いに平行に配置された2枚の接地面の間に配置された板状の導体からなるものが好ましい。また、前記本発明の共振器の構成においては、導体にスリットを設けるのが好ましく、この場合にはさらに、スリットを、共振モードの電流方向と垂直に設けるのが好ましい。

【0015】また、本発明に係る高周波回路素子の第1の構成は、前記本発明の共振器を備え、前記共振器を構成する導体の外周上において、少なくとも1個の入出力端子が前記共振器と結合しているものである。

40 【0016】また、前記高周波回路素子の第1の構成においては、共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードのうち、2つの互いに直交するダイポールモードのいずれか一方のモードのみが励振される互いに相異なる2地点を入出力結合点1、2とし、前記入出力結合点1、2において、入出力端子がそれぞれ前記共振器と結合するのが好ましい。

50 【0017】また、前記高周波回路素子の第1の構成においては、共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードのうち、2つの互いに直交するダイポールモードのいずれか一方のモードのみが励振される互いに相異なる2地点を入出力結合点1、2とし、他方のモードのみが励振される互いに相異なる2地点を入出力結

合点3、4とし、前記入出力結合点1～4において、入出力端子がそれぞれ前記共振器と結合するのが好ましい。

【0018】また、前記高周波回路素子の第1の構成においては、共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードのうち、2つの互いに直交するダイポールモードを同等に励振でき、かつ、互いに隣接する位置関係にある2地点を入出力結合点1、2とし、前記入出力結合点1、2において、入出力端子がそれぞれ前記共振器と結合するのが好ましい。

【0019】また、前記高周波回路素子の第1の構成においては、共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードのうち、2つの互いに直交するダイポールモードを同等に励振でき、かつ、互いに対向する位置関係にある2地点を入出力結合点1、2とし、前記入出力結合点1、2において、入出力端子がそれぞれ前記共振器と結合するのが好ましい。

【0020】また、前記高周波回路素子の第1の構成においては、共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードのうち、2つの互いに直交するダイポールモードを同等に励振できる地点を入出力結合点1とし、前記ダイポールモードのいずれか一方のモードのみが励振される地点を入出力結合点2、他方のモードのみが励振される地点を入出力結合点3とし、前記入出力結合点1～3において、前記入出力端子がそれぞれ前記共振器と結合するのが好ましい。

【0021】また、本発明に係る高周波回路素子の第2の構成は、前記本発明の共振器を複数個備え、前記共振器が互いに結合しているものである。また、前記高周波回路素子の第2の構成においては、共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードのうち、2つの互いに直交するダイポールモードを同等に励振でき、かつ、互いに隣接する位置関係にある2地点を入出力結合点1、2とし、複数個の前記共振器が前記入出力結合点1、2を介して互いに直列に結合しており、かつ、前記複数個の共振器のうちの両端に位置する共振器に属する前記入出力結合点のうち、隣接する共振器と結合していない方の結合点において、2つの入出力端子が前記両端に位置する共振器とそれぞれ結合するのが好ましい。

【0022】また、前記高周波回路素子の構成においては、入出力端子が伝送線路からなり、前記伝送線路の一端が、共振器を構成する導体と容量性又は誘導性の結合をしているのが好ましい。また、この場合には、伝送線路の先端部分が、共振器を構成する導体の外周と間隙部を挟んで対向することによって容量性の結合をしているのが好ましく、さらには、伝送線路の先端部分の線路幅を広げるのが好ましい。

【0023】また、前記本発明の共振器又は前記本発明の高周波回路素子の構成においては、導体材料として超伝導体を用いるのが好ましい。

【0024】

【作用】前記本発明の共振器の構成によれば、基板上に形成された導体からなり、縮退していない直交する2つのダイポールモードを共振モードとして有するものであるため、両モードを別々に利用することにより、1つの共振器でありながら、共振周波数の異なる2つの共振器として機能させることができるので、共振回路の面積の有効利用、すなわち、共振器の小型化を図ることができる。

10 【0025】また、前記本発明の共振器の構成において、導体が滑らかな輪郭形状を有するという好ましい例によれば、高周波電流が部分的に過度に集中して、信号波が空間へ放射することはないので、放射損失の増大によるQ値の低下を抑えることができ、その結果、高いQ（無負荷Q）を実現することができる。また、高周波電流が2次元的に均一に広がって分布するために、同じ電力の高周波信号によって共振動作を行わせたときの最大電流密度を低く抑えることができるので、大きな電力の高周波信号を扱う場合にも、発熱等による導体材料の劣化などの、高周波電流の過度の集中による悪影響を防止することができ、その結果、さらに大きな電力の高周波信号を扱うことが可能となる。

【0026】また、前記本発明の共振器の構成において、導体の形状が楕円形状であるという好ましい例によれば、縮退していない直交する2つのダイポールモードを共振モードとして有する共振器を容易に実現することができる。

【0027】また、前記本発明の共振器の構成において、マイクロストリップ線路構造、ストリップ線路構造及びコプレーナ導波路構造から選ばれる構造を有するという好ましい例によれば、以下のような利点がある。すなわち、マイクロストリップ線路構造は、構造が簡単で、かつ、他の回路との整合性も良い。また、ストリップ線路構造は、放射損失が極めて小さいために、損失の小さい高周波回路素子を実現することができる。また、コプレーナ導波路構造は、基板片面にグランドプレーンを含めた全ての構造を作製することができるので、作製プロセスを簡略化できると共に、基板両面に形成することが困難な高温超伝導薄膜を導体材料として用いる場合に特に有用である。この場合、さらに、導体の周囲の基板上に接地電極を形成するという好ましい例によれば、電磁波が漏れ、動作の不安定化を防ぐことができるので、有効性が高い。

【0028】また、前記本発明の共振器の構成において、互いに平行に配置された2枚の接地面の間に配置された板状の導体からなるという好ましい例によれば、導体の周囲が空気（あるいは、真空、適当な気体）等によって満たされているために、比誘電率の低い材料によって囲まれた状態となり、その結果、共振器の特性インピーダンスが上昇し、導体を流れる高周波電流を減少させ

ることができるので、共振器の損失を低減することができる。

【0029】また、前記本発明の共振器の構成において、導体にスリットを設けるという好ましい例によれば、スリットの方法や長さを変えることによって、2つの共振モードの共振周波数を変化させることができるので、共振器を作製した後にスリットを新たに形成するか、あるいは既に形成されているスリットの長さを延ばすことにより、2つの共振モードの共振周波数を微調整することができる。この場合、さらに、スリットを、共振モードの電流方向と垂直に設けるという好ましい例によれば、各共振モードに対してのみ、その共振周波数を微調整することができるので、2つのモード間の周波数差を簡単に微調整することができる。

【0030】また、前記本発明の高周波回路素子の第1の構成において、共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードのうち、2つの互いに直交するダイポールモードのいずれか一方のモードのみが励振される互いに相異なる2地点を入出力結合点1、2とし、前記入出力結合点1、2において、入出力端子がそれぞれ前記共振器と結合するという好ましい例によれば、入出力端子間の透過特性が、励振されるモードの共振周波数でピークとなる共振特性を示すため、前記入出力結合点1、2における結合度を適当に設定することにより、本高周波回路素子を帯域通過フィルタとして実用することができる。

【0031】また、前記本発明の高周波回路素子の第1の構成において、共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードのうち、2つの互いに直交するダイポールモードのいずれか一方のモードのみが励振される互いに相異なる2地点を入出力結合点1、2とし、他方のモードのみが励振される互いに相異なる2地点を入出力結合点3、4とし、前記入出力結合点1～4において、入出力端子がそれぞれ前記共振器と結合するという好ましい例によれば、前記入出力結合点1、2に結合された入出力端子間では一方のモードの共振周波数の共振器として、前記入出力結合点3、4に結合された入出力端子間では他方のモードの共振周波数の共振器として独立に動作させることができるので、共振器の面積を有効に利用することができ、その結果、素子の小型化を図ることができる。

【0032】また、前記本発明の高周波回路素子の第1の構成において、共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードA、Bのうち、2つの互いに直交するダイポールモード（共振周波数 f_A 、 f_B ）を同等に励振でき、かつ、互いに隣接する位置関係にある2地点を入出力結合点1、2とし、前記入出力結合点1、2において、入出力端子がそれぞれ前記共振器と結合するという好ましい例によれば、入出力端子間の入出力特性が、異なる共振周波数 f_A 、 f_B を有する2つの共振器

が並列に接続された場合の特性と同じになるため、入出力結合度を適当に設定することにより、帯域幅 $|f_A - f_B|$ の2段の帯域通過フィルタとして動作させることができる。そして、この2段の帯域通過フィルタは、1つの導体に入出力端子を結合させるだけの簡単な構成によって実現することができるので、素子の小型化をも図ることができる。

【0033】また、前記本発明の高周波回路素子の第1の構成において、共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードA、Bのうち、2つの互いに直交するダイポールモード（共振周波数 f_A 、 f_B ）を同等に励振でき、かつ、互いに対向する位置関係にある2地点を入出力結合点1、2とし、前記入出力結合点1、2において、入出力端子がそれぞれ前記共振器と結合するという好ましい例によれば、2つの共振器間の位相を反転して並列に接続した場合と同じになるため、2つの共振器の出力が互いに干渉し合い、周波数 f_A 、 f_B で透過率が最大となり、周波数 $(f_A + f_B)/2$ で透過率が極小値をとるようなフィルタ特性を有する高周波回路素子を実現することができる。

【0034】また、前記本発明の高周波回路素子の第1の構成において、共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードA、Bのうち、2つの互いに直交するダイポールモード（共振周波数 f_A 、 f_B ）を同等に励振できる地点を入出力結合点1とし、前記ダイポールモードのいずれか一方のモードA（共振周波数 f_A ）のみが励振される地点を入出力結合点2、他方のモードB（共振周波数 f_B ）のみが励振される地点を入出力結合点3とし、前記入出力結合点1～3において、前記入出力端子がそれぞれ前記共振器と結合するという好ましい例によれば、前記入出力結合点1で前記共振器と結合する入出力端子に高周波信号を入力したとき、上記高周波信号の周波数 f_A 付近の周波数成分はモードAと結合し、周波数 f_B 付近の周波数成分はモードBと結合する。そして、モードAと結合した周波数成分は前記入出力結合点2で前記共振器と結合する入出力端子に対してのみ出力され、モードBと結合した周波数成分は前記入出力結合点3で前記共振器と結合する入出力端子に対してのみ出力される。従って、本高周波回路素子は、入力信号の周波数成分を分離する分波器として機能する。この分波器は、1つの導体からなる共振器のみを用いて実現することができるので、素子の小型化をも図ることができる。また、前記入出力結合点2で前記共振器と結合する入出力端子、及び前記入出力結合点3で前記共振器と結合する入出力端子を信号入力に利用し、前記入出力結合点1で前記共振器と結合する入出力端子を信号出力に利用すれば、合波器として機能させることもできる。

【0035】また、前記本発明の高周波回路素子の第2の構成によれば、前記本発明の共振器を複数個備え、前記共振器が互いに結合していることにより、通過帯域と

阻止域との境界で、挿入損失のさらに急峻な変化を得ることができる。

【0036】また、前記高周波回路素子の第2の構成において、共振器を構成する導体の外周上で、前記共振器の共振モードのうち、2つの互いに直交するダイポールモードを同等に励振でき、かつ、互いに隣接する位置関係にある2地点を入出力結合点1、2とし、複数の前記共振器が前記入出力結合点1、2を介して互いに直列に結合しており、かつ、前記複数の共振器のうちの両端に位置する共振器に属する前記入出力結合点のうち、隣接する共振器と結合していない方の結合点において、2つの入出力端子が前記両端に位置する共振器とそれぞれ結合するという好ましい例によれば、各接合点における結合度、及び各導体の2つのダイポールモードの共振周波数を適当に設定することにより、1段及び2段の帯域通過フィルタの場合に比較して、さらに急峻な透過特性を有する帯域通過フィルタを実現することができる。また、 n 個の共振器を用いた場合には、 $2n$ 段の帯域通過フィルタを構成することができるので、従来の帯域通過フィルタに比べ、段数を増やした帯域通過フィルタにおいても小型化を図ることができる。

【0037】

【実施例】以下、実施例を用いて本発明をさらに具体的に説明する。

（実施例1）図1は本発明に係る共振器の一実施例を示す平面図である。図1に示すように、誘電体単結晶などからなる基板1の上に、例えば真空蒸着とエッチングなどを用いて金属膜からなる楕円形状の導体2を形成する。尚、必要に応じて、基板1の裏面にグランドプレーン13を形成する（図14参照）。

【0038】このような構成において、適当な方法によって高周波信号を導体2に結合させれば、共振動作を行わせることができ、共振器として動作させることができる。図1には、最も共振周波数の低い2つのモード（ここでは、モードA、モードBと呼び、それぞれの共振周波数を f_A 、 f_B とする）における高周波電流の流れる方向を矢印で大まかに示した。このような共振モードの電磁界やそれに伴う電位分布は計算によってある程度予測することができる。ところで、これら2つのモードA、Bは、図1の矢印で示したように、電流の流れる方向が楕円の直交した2つの軸方向を向いている。このようなモードは、通常の円板型の共振器においては「ダイポールモード」と呼ばれているものであるが、ここでも同様の呼び方をする。これらダイポールモードは、同時に独立して存在し得るため、共振器が2つ存在しているように考えることもできる。ここで、もし、導体2が完全な円形の場合には、2つのダイポールモードは縮退した状態にあり、2つのモードの共振周波数は全く等しい。しかし、図1のような楕円形の場合には、両モードは縮退しておらず、モードA、モードBの共振周波数の

間に差が生じる。この両モードの共振周波数は、楕円の長軸、短軸の長さから任意に設定することができる。そして、両モードを別々に利用することにより、1つの共振器でありながら、共振周波数の異なる2つの共振器として機能させることができるので、共振器回路の面積の有効利用、すなわち、共振器の小型化を図ることができる。

【0039】図21に、導体2の面積を一定に保った場合の短軸と長軸の比率（短軸長／長軸長）に対する両モードの共振周波数の変化を真円の場合（短軸長／長軸長＝1）と比較して示す。本発明の共振器においては、共振周波数に差が生じることから、両ダイポールモード間の結合は非常に小さく、両モードの共振周波数が非常に近い場合（短軸長／長軸長 ≈ 1 ）を除けば、2つの共振モードはほぼ独立して存在すると考えてよい。すなわち、本発明において「縮退していない」と言う場合には、共振器の形状が実質的に対称形でないことを意味する。例えば、本実施例1のように楕円形状の共振器を用いる場合、楕円率は0.1～1であるのが好ましい。

【0040】ところで、従来の円板型共振器の場合には、高周波電流の分布が2次元的に比較的均一に広がるために、導体損失が小さく、かつ、放射損失の影響も少ない。従って、同じ平面回路構造の他の形状の共振器や通常の1/2波長共振器のような伝送線路共振器に比較して、非常に高いQ（無負荷Q）を有する。一方、本発明の共振器の場合には、図21に示すように、モードA、モードB間の共振周波数に10%の差をつけるのに必要な長軸、短軸の長さの差は、約10%程度でよいことから、モード間の共振周波数差を非常に大きくしなければならぬ場合を除けば、実際的には円板型共振器の場合とほぼ等しい電流分布を有すると予測することができる。従って、本発明の共振器においても、高周波電流が比較的均一に広がり、かつ、放射損失の影響が少ないため、非常に高いQを実現することができる。

【0041】また、本発明の共振器において、高周波電流が2次元的に広がって分布するという事は、同じ電力の高周波信号によって共振動作を行わせたときの最大電流密度を低く抑えることができることを意味している。このため、大きな電力の高周波信号を扱う場合にも、発熱等による導体材料の劣化などの、高周波電流の過度の集中による悪影響を防止することができ、その結果、さらに大きな電力の高周波信号を扱うことが可能となる。

【0042】また、本発明の共振器の導体2の材料として超伝導体を用いれば、さらに効果的である。一般に、共振器の導体材料として超伝導体を用いれば、導体損失が非常に小さくなり、共振器のQ値を飛躍的に向上させることができる。しかし、超伝導体を用いると、導体中の最大の電流密度がその超伝導材料の有する高周波電流に対する臨界電流密度の値を超えた場合に、超伝導性が

破壊されてしまい、共振器としての動作が不可能になる。前記したように、本発明の共振器では、最大電流密度を低く抑えることができるため、導体2を超伝導体によって構成することにより、従来の構造の共振器よりも大きな電力の高周波信号を扱うことが可能となり、その結果、大電力の高周波信号に対しても高いQ値を有する共振器を実現することができるので、有効性が非常に高い。

【0043】以上の本発明の共振器の有効性は、以下に述べる本共振器を用いた高周波回路素子においても同様に発揮されるものである。また、共振器のQ値が高い場合には、それを用いて高周波回路素子を構成した際に、低損失化を図ることができるので、高周波回路素子に非常に有効である。

【0044】（実施例2）図2に、本発明に係る共振器を用いた高周波回路素子の一実施例を示す。図1の共振器を実用に供するためには、適当な方法によって希望する共振モード（ダイポールモード）を励振し、期待される機能を発揮させる必要がある。希望するモードを励振する方法としては、導体2の外周部3の適当な箇所において、入出力端子を導体2に結合させる方法が非常に簡便であり、また、確実に希望するモードを励振することができる。ここでは、共振器のモードAのみを励振し、モードBは励振されない位置を入出力結合点61、62とし、これらの入出力結合点61、62に入出力端子71、72が結合されている。そして、入出力端子71、72の一方が高周波信号の入力側、他方が出力側として用いられている。入出力結合点61、62の位置は、楕円の対称軸が外周部3と交わるところに選べばよく、各ダイポールモードで2カ所ずつ存在する。しかし、導体2が任意の形状を有する場合に入出力結合点61、62の位置を決定するには、容量性の結合方法（例えば、コンデンサなどを用いて接続する場合など）では、モードAの電位分布を求め、それをもとに外周部3で電位が最大（電流が0）となる場所に設定すればよい。逆に、電流を励起する誘導性の結合方法（例えば、タップなどのインダクタンスを有するものを用いて接続する場合など）では、モードAの電位分布を求め、それをもとに外周部3で電位が零（電流が最大）となる場所に設定すればよい。

【0045】このように構成した場合の入出力端子71、72間の透過特性は、モードAの共振周波数 f_A でピークとなる共振特性を示し、入出力結合点61、62における結合度を適当に設定することにより、本高周波回路素子を帯域通過フィルターとして実用することができる。

【0046】（実施例3）図3に、本発明に係る共振器を用いた高周波回路素子の他の実施例を示す。図2の構成に加え、モードBのみを励振し、モードAは励振されない位置を入出力結合点63、64とし、これらの入出

力結合点63、64に入出力端子73、74が結合されている。上記したように、モードAとモードBは縮退していないため、両モード間の結合が生じることはほとんどない。従って、入出力端子71、72間では共振周波数 f_A の共振器として、入出力端子73、74間では共振周波数 f_B の共振器として独立に動作させることができるので、本発明の高周波回路素子は、既に述べた本発明の共振器の利点を有するのに加え、共振器の面積を有効に利用することができ、その結果、素子の小型化を図ることができる。

【0047】（実施例4）図4に、本発明に係る共振器を用いた高周波回路素子のさらに他の実施例を示す。図3の入出力結合点61～64のうち、隣接する2つの入出力結合点の真ん中辺り（例えば、入出力結合点61と63の真ん中辺りの位置）で、ちょうど、モードAとモードBが同等に励振できる位置が、合計4箇所存在する。図4の高周波回路素子では、これら両モードを同等に励振できる外周上の4箇所のうち、隣接する2箇所を入出力結合点61、62とし、これらの入出力結合点61、62に入出力端子71、72が結合されている。この場合の入出力端子71、72間の入出力特性は、共振周波数 f_A と共振周波数 f_B の2つの共振器が並列に接続された場合の特性と同じになるため、入出力結合度を適当に設定することにより、帯域幅 $|f_A - f_B|$ の2段の帯域通過フィルターとして動作させることができる。一般に利用されている2段の帯域通過フィルターは、2つの1/2波長伝送線路共振器を結合して構成されるのに対し、本発明の高周波回路素子は、1つの楕円型導体2に入出力端子71、72を結合させるだけの簡単で小型な構成によって実現することができる。また、本発明の共振器は通常の1/2波長伝送線路型共振器に比して高いQ値を有することから、フィルターの小型化だけでなく、低損失化をも図ることができる。

【0048】（実施例5）図5に、本発明に係る共振器を用いた高周波回路素子のさらに他の実施例を示す。本構成の高周波回路素子では、モードAとモードBが同等に励振できる導体2の外周部3の4つの入出力結合点のうち、互いに対向する位置にある2つの点を入出力結合点61、62としている。本構成においても、図4の構成と同様に、共振周波数 f_A と共振周波数 f_B の2つの共振器が並列に接続された場合と同じになるが、図4の場合と異なり、2つの共振器間の位相を反転して並列に接続したことになるため、2つの共振器の出力が互いに干渉し合い、周波数 f_A 、 f_B で透過率が最大となり、周波数 $(f_A + f_B)/2$ で透過率が極小値をとるようなフィルター特性を有する高周波回路素子を実現することができる。

【0049】（実施例6）図6に、本発明に係る共振器を用いた高周波回路素子のさらに他の実施例を示す。図6において、共振器の2つのダイポールモード（モード

13

A、モードB)を同等に励振する位置を入出力結合点61とし、モードAのみを励振する位置を入出力結合点62、モードBのみを励振する位置を入出力結合点63とする。そして、各入出力結合点61~63に入出力端子71~73がそれぞれ結合されている。この構成において、入出力端子71に高周波信号を入力すれば、上記高周波信号の周波数 f_A 付近の周波数成分はモードAと結合し、周波数 f_B 付近の周波数成分はモードBと結合する。そして、モードAに結合した周波数成分は入出力端子72に対してのみ出力され、モードBと結合した周波数成分は入出力端子73に対してのみ出力される。従って、本発明の高周波回路素子は、入力信号の周波数成分を分離する分波器として機能する。また、入出力端子72、73を信号入力に、入出力端子71を信号出力に利用すれば、合波器として機能させることもできる。従来

の分波器では少なくとも2つの共振器を用いる必要があったが、本発明の高周波回路素子では1つの楕円型導体からなる共振器のみを用いて実現することができ、その結果、既に述べた本発明の共振器の有する利点に加え、装置の小型化をも図ることができる。

【0050】(実施例7)上記実施例2~6においては、単一の楕円型導体からなる共振器を用いて高周波回路素子を構成した場合について説明したが、複数個の共振器を組み合わせることによっても新規な高周波回路素子を構成することができる。図4の高周波回路素子が2段の帯域通過フィルターとして動作することは既に述べたが、通過帯域と阻止域との境界で、挿入損失のさらに急峻な変化を要求する場合には、フィルターの段数を増やす必要がある。

【0051】図7に、複数個の楕円型導体からなる共振器を用いた2段以上の帯域通過フィルターの一実施例を示す。ここでは、3つの導体21~23を用いて、6段の帯域通過フィルターを構成した。図7の導体21~23では、2つのダイポールモードを同等に励振できる外周上の4箇所のうち、隣接する2箇所を結合点81~86としている。そして、両端の導体21、23では、結合点81、86に入出力端子71、72がそれぞれ結合されている。また、導体21、23は、結合点82~85を介して導体22と直接結合されている。この構成で、結合点81~86の結合度、及び導体21~23の2つのダイポールモードの共振周波数(f_A 、 f_B)を

14

域通過フィルターに比べ、段数を増やした帯域通過フィルターにおいても小型化を図ることができる。

【0053】(実施例8)図8に、本発明に係る共振器のさらに他の実施例を示す。図8に示すように、導体2には、その中央部にスリット15が設けられている。この場合にも同様に、導体2は共振器として動作する。そして、スリット15の方向や長さを変えることにより、2つの共振モードの共振周波数を変化させることができる。従って、共振器を作製した後にスリット15を新たに形成するか、あるいは既に形成されているスリット15の長さを延ばすことにより、2つの共振モードの共振周波数を微調整することが可能となる。スリット15の方向と一方の共振モードの電流方向とが一致している場合(図8ではモードAの場合)には、スリット15の存在はモードの電流分布に影響を与えないため、共振周波数にもほとんど影響を与えないが、他方のモード(図8ではモードB)の電流分布はスリット15によって大きく影響されるため、共振周波数も変化する。実際には、スリット15の長さを長くすれば、共振周波数が低下する方向に変化する。従って、スリット15をどちらか一方のモードの電流方向に垂直な方向に作製することにより、そのモードに対してのみ、その共振周波数を微調整することができ、2つのモード間の周波数差の微調整などを容易に行うことができる。また、2本のスリットを両モードの電流方向に対して、それぞれ垂直となるよう形成すれば、2つのモードを個別に微調整することができる。通常、円板型共振器において共振周波数を変えるには、円板の半径を変える必要があり、共振器作製後に共振周波数を微調整することは非常に困難であった。しかし、本発明の構成を採用すれば、共振器作製後に適当な長さ

と方向のスリットを形成することによって、2つの共振モードの共振周波数をそれぞれ別々に微調整することが可能となるので、実用上有用である。

【0054】(実施例9)共振器がマイクロストリップ線路構造あるいはストリップ線路構造を有する場合には、図9に示すように、共振器を構成する導体2の周囲に接地電極16を形成して利用することも可能である。このような構成を採用すれば、電磁波が漏れ、動作の不安定化を防ぐことができるので、有効性が高い。特に、導体2の材料に超伝導体などの損失の小さい材料を用いた場合などは、非常に僅かな漏れの影響が特性に大きな影響を与えることが多いので、このような場合に本構成の有効性が特に大きい。尚、本構成において入出力を行う場合には、接地電極16に部分的に切れ目を入れ、入出力端子を導体2に導けばよい(図18(a)参照)。

【0055】(実施例10)入出力端子と共振器を構成する導体とを結合する方法としては、容量性の結合又は誘導性の結合の2通りの結合方法のいずれかを利用するのが有効である。図10に、容量性結合を利用した場合の一実施例を示す。この場合には、入出力端子71、7

2を伝送線路で構成し、間隙部10におけるキャパシタンスによって容量性結合を実現している。このような容量性結合は、大きな外部Qを実現することができるため、共振器のQ値（無負荷Q）が大きい場合に整合がとり易く、有効である。また、このような間隙による結合の他に、容量性の個別部品（コンデンサー等）を用い、入出力端子71、72と導体2の外周部3とを直接接続することによっても、容量性結合を実現することができる。図11に、誘導性結合を利用した場合の一実施例を示す。この場合には、タップ11の部分におけるインダクタンスによって誘導性結合を実現している。このような誘導性の結合は、小さな外部Qを実現することができるため、共振器のQ値（無負荷Q）が小さい場合に整合がとり易く、有効である。また、このようなタップ11による結合の他に、誘導性の個別部品（コイル等）や適当な長さの細いリード線を用い、入出力端子71、72と導体2の外周部3とを直接接続することによっても、誘導性結合を実現することができる。

【0056】（実施例11）図10において、大きな入出力結合度を必要とする場合には、間隙部10の間隔を小さくすればよいが、作製精度や大電力を用いた場合の放電などの問題により、限界がある。この場合には、図12に示すように、結合部分で入出力端子71、72である伝送線路の先端部17を広げた構成を採用することにより、大きな入出力結合度を必要とする場合でも、間隙部10の間隔を小さくする必要がないので、上記問題を解消することができる。

【0057】（実施例12）上記実施例1～11においては、共振器として楕円型導体からなる共振器を用いた場合を例に挙げて説明したが、適用する用途によっては必ずしも楕円型導体を用いる必要はなく、図13に示すような任意形状の導体12からなる平面回路共振器であっても、共振モードとして縮退していない2つの直交するダイポールモードを有していれば、基本的には同様の動作を行わせることができる。但し、導体12の輪郭形状が滑らかでない場合には、高周波電流が部分的に過度に集中し、損失の増大によってQ値が低下したり、大電力の高周波信号を与えたときに問題が生じる可能性がある。従って、楕円型以外の形状の場合には、滑らかな輪郭形状を有する導体12によって共振器を構成することにより、有効性をさらに高めることができる。

【0058】（実施例13）本発明の共振器及び高周波回路素子においては、共振器の接地面を含めた構造として、図14、図15、図16に示すようなマイクロストリップ線路構造、ストリップ線路構造、コプレナー導波路構造のどの構造を用いても、同様の優れた特徴を発揮させることができる。この中で、マイクロストリップ線路構造（図14）は、放射に伴う損失が比較的大きいが、構造が簡単で一般に最も広く用いられており、他の回路との整合性が良い。ストリップ線路構造（図15）

は、構造が複雑ではあるが、放射損失が極めて小さいため、損失の小さな高周波回路素子を実現することができる。コプレナー導波路構造（図16）は、基板片面にグランドプレーン13を含めた全ての構造を作製することができるため、作製プロセスを簡略化することができる。これは、基板両面に形成することが困難な高温超伝導薄膜を導体材料として用いる場合に特に有用である。

【0059】また、本発明の共振器及び高周波回路素子としては、図17に示すように、導体2を2つの相対向する導体面14、14間に配置する構造を用いることもできる。この構造は、図15のストリップ線路構造に近いが、図15の基板1は存在せず、導体2が空間に浮かんでいる構造となっている。この場合、導体2の周囲は、空気（あるいは、真空、適当な気体）等で満たされるために、比誘電率の低い材料によって囲まれていることになる。このため、共振器の特性インピーダンスが上昇し、導体2を流れる高周波電流を減少させることができるので、共振器の損失が小さくなる。従って、高いQ値を実現するためには、最も望ましい構成である。尚、導体2を導体面14、14間に固定するには、テフロン等の誘電率の低い材料によって固定する方法が有効である。

【0060】今まで説明した本発明の高周波回路素子では、導体材料として金属薄膜を想定しているが、必ずしも金属薄膜に限定されるものではなく、例えば超伝導薄膜を用いることもできる。超伝導体は、金属に比べてはるかに損失が小さいことから、Qの非常に大きな共振器を構成することができ、本発明の高周波回路素子においても、超伝導体の利用は有効である。しかし、超伝導体では、臨界電流密度の値を超えて超伝導電流を流すことはできない。このことは、大きな電力の高周波信号を扱う場合に問題となる。本発明の高周波回路素子では、楕円型導体による共振器を用いているために、高周波電流の分布が2次元的に、また、比較的均一に広がるので、同じ電力の高周波信号を扱った場合の最大電流密度は、例えば1/2波長伝送線路共振器等よりも小さくなる。このため、同じ臨界電流密度を有する超伝導体によって共振器を構成した場合、本発明の共振器では、さらに大きな電力の高周波信号を扱うことが可能となる。従って、本発明の高周波回路素子においても、その導体部分に超伝導体を用いることにより、大電力の高周波信号に対しても優れた特性を有する高周波回路素子を実現することができる。

【0061】＜具体的実施例＞以下に、具体的実施例を挙げて本発明をさらに詳細に説明する。図18に、本実施例で作製した高周波回路素子（フィルター）の構成を示す。所望の特性は中心周波数が5GHz、帯域幅が約2%となるように設計した。作製方法は以下のとおりである。まず、寸法12mm×12mm、厚さ0.5mmのランタンアルミナ（LaAlO₃）単結晶からなる基

板1の両面上に、真空蒸着法によって厚さ10nmのチタン薄膜と厚さ1μmの金薄膜とを順に積層することにより、2層構造の導体薄膜を形成した。ここで、チタン薄膜は、金薄膜と基板との間の密着性を向上させるためのものである。次いで、フォトリソグラフィとアルゴンイオンビームエッチングの手法により、一方の面上の導体薄膜を、楕円型導体2と入力端子部71、72と接地電極16とにパターン化した。基板1の裏面の導体薄膜はそのままグランドプレーン13として用いた。パターン形状は、楕円型導体2の長軸径が7mm、短軸径が6.86mm、入出力端子71、72の線路幅が0.15mmである。また、入出力端子71、72の先端部17においては、線路幅を1.22mmまで広げ、導体2との間に20μmの間隙を置いて容量性結合を行った。尚、接地電極16と導体2及び入出力端子71、72との間には約1mmの間隔を置いている。マイクロ波特性の測定には、HP-8510Bネットワークアナライザー（ヒューレットパッカード社製）を用いた。図19に、上記のようにして作製したフィルターの周波数応答特性を示す。図19から明らかなように、このフィルターは2段の帯域通過型フィルターの特性を示しており、本発明の有効性が確認された。

【0062】また、同様のパターンのフィルター（図18参照）を、ランタンアルミナ基板上のTlBaCaCuO超伝導体薄膜（厚さ0.7μm）によって形成した。基板裏面のグランドプレーンは、厚さ10nmのチタン薄膜と1μmの金薄膜とを順に積層して形成した2層構造の導体薄膜を利用した。マイクロ波特性を測定するに際しては、図22に示すように、作製したフィルターチップ100を真鍮製治具101に固定し、それをHeガス循環式冷凍器102の冷却部に取り付けて、温度制御を行った。尚、図22において、103はコールドヘッド、104は窓用強化ガラス、105、106は高周波コネクタ、107は高周波ケーブルを示す。マイクロ波特性の測定には、上記と同様にHP-8510Bネットワークアナライザー（ヒューレットパッカード社製）を用いた。図20に、上記のようにして作製したフィルターの温度20ケルビンにおける挿入損失の入力電力依存性を示す。図20から明らかなように、挿入損失は約0.4dBであり、41.8dBm（約15W）の入力電力に対しても挿入損失が変化しないことが確認された。従来、高温超伝導体薄膜を用いた高周波フィルターは数〜数十mW程度よりも大きい高周波信号電力に対しては超伝導性を失い、フィルターとしての動作を行わせることができなかったことから、本発明の高周波回路素子（フィルター）は、信号電流の集中を抑え大きな入力電力にも耐えることのできる構造であることが分かる。

【0063】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る共振

器によれば、高周波電流が2次的に均一に広がって分布し、かつ、放射損失の影響も小さいので、高いQ（無負荷Q）を実現することができる。また、高周波電流が広く分布することから、大きな電力の高周波信号を扱うことが可能となり、特に導体材料として超伝導体を用いた場合に、大電力高周波信号に対しても高いQを実現することができるので、その効果は大きい。また、2つのダイポールモードを利用することにより、1つの共振器でありながら、共振周波数の異なる2つの共振器として利用することができるので、共振器回路の面積の有効利用、すなわち、共振器の小型化を図ることができる。

【0064】また、本発明に係る共振器を用いた高周波回路素子によれば、導体の形状が不完全であったり、また、入出力結合点が望ましい位置から僅かにずれてしまった場合でも、2つのダイポールモードの共振周波数が異なるために、両モード間の結合はほとんど生ずることがなく、その結果、共振特性の劣化が少ないので、比較的緩やかな作製精度でも、高いQ値と動作安定性を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る共振器の1番目の態様を示す平面図である。

【図2】本発明に係る共振器を用いた高周波回路素子の第1の構成の1番目の態様を示す平面図である。

【図3】本発明に係る共振器を用いた高周波回路素子の第1の構成の2番目の態様を示す平面図である。

【図4】本発明に係る共振器を用いた高周波回路素子の第1の構成の3番目の態様を示す平面図である。

【図5】本発明に係る共振器を用いた高周波回路素子の第1の構成の4番目の態様を示す平面図である。

【図6】本発明に係る共振器を用いた高周波回路素子の第1の構成の5番目の態様を示す平面図である。

【図7】本発明に係る共振器を用いた高周波回路素子の第2の構成の一態様を示す平面図である。

【図8】本発明に係る共振器の2番目の態様を示す平面図である。

【図9】本発明に係る高周波回路素子第1の構成に用いる共振器の3番目の態様を示す平面図である。

【図10】本発明に係る共振器を用いた高周波回路素子の第1の構成の6番目の態様を示す平面図である。

【図11】本発明に係る共振器を用いた高周波回路素子の第1の構成の7番目の態様を示す平面図である。

【図12】本発明に係る共振器を用いた高周波回路素子の第1の構成の8番目の態様を示す平面図である。

【図13】本発明に係る共振器の4番目の態様を示す平面図である。

【図14】本発明に係る共振器の5番目の態様を示す断面図である。

【図15】本発明に係る共振器の6番目の態様を示す断面図である。

19

20

【図16】本発明に係る共振器の7番目の態様を示す断面図である。

【図17】本発明に係る共振器の8番目の態様を示す断面図である。

【図18】(a)は本発明に係る共振器を用いた高周波回路素子の第1の構成の9番目の態様を示す平面図、

(b)は(a)の断面図である。

【図19】図18に示す高周波回路素子の周波数応答の測定結果の一例を示す特性図である。

【図20】図18に示す高周波回路素子において、導体を高温超伝導体薄膜で形成した場合の入力電力に対する挿入損失の変化の測定結果の一例を示す図である。

【図21】本発明に係る共振器の短軸長軸の比とダイポールモードの共振周波数との関係を示す図である。

【図22】図18に示す高周波回路素子において、導体を高温超伝導体薄膜で形成したものをHeガス循環式冷

凍器の冷却部に取り付けた状態を示す断面図である。

【符号の説明】

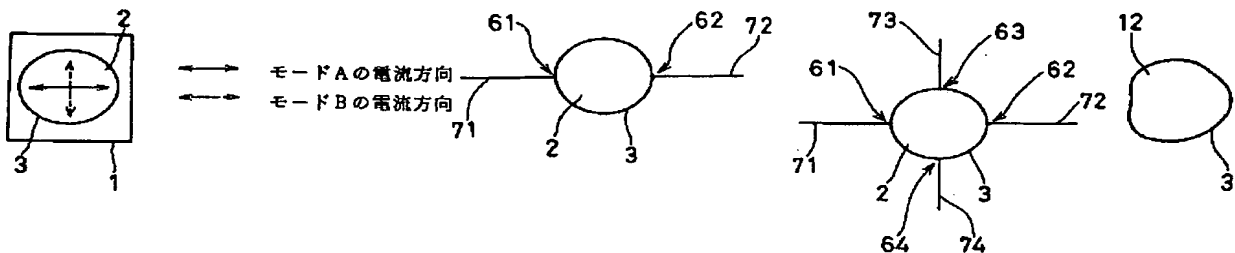
- 1 基板
- 2 導体
- 3 外周部
- 10 間隙
- 11 タップ
- 12 導体
- 13 グランドプレーン
- 14 導体面
- 15 スリット
- 16 接地電極
- 17 先端部
- 61～64 入出力結合点
- 71～74 入出力端子
- 81～86 結合点

【図1】

【図2】

【図3】

【図13】

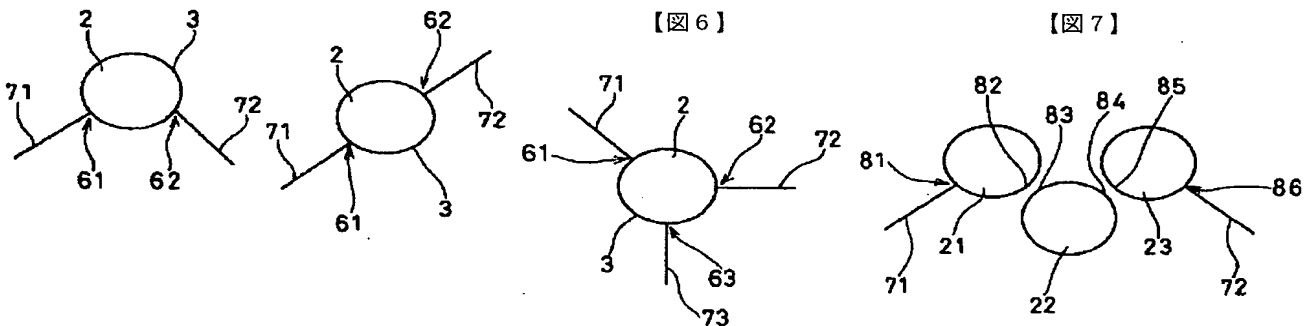


【図4】

【図5】

【図6】

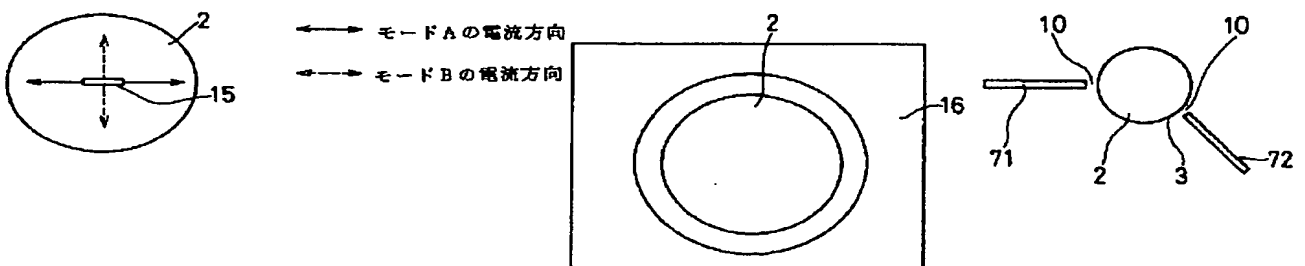
【図7】



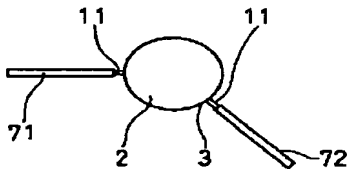
【図8】

【図9】

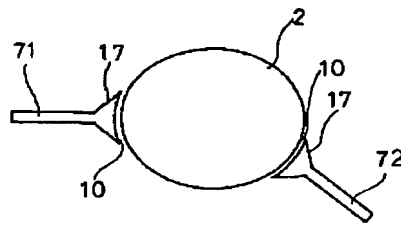
【図10】



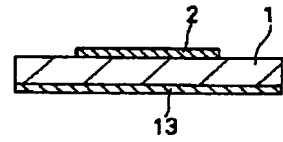
【図11】



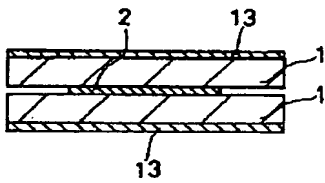
【図12】



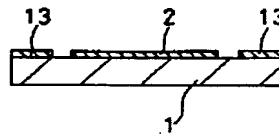
【図14】



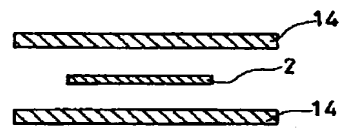
【図15】



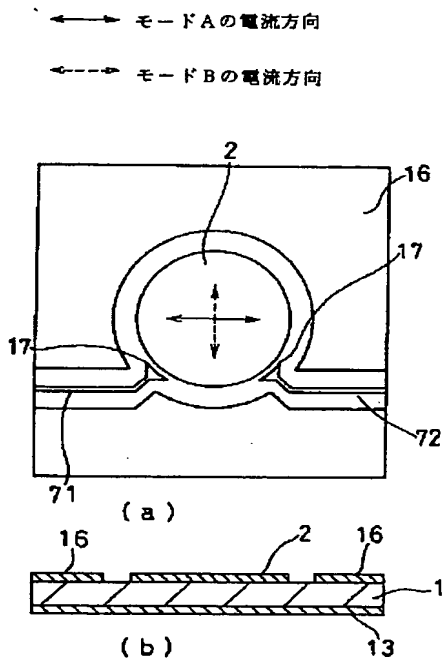
【図16】



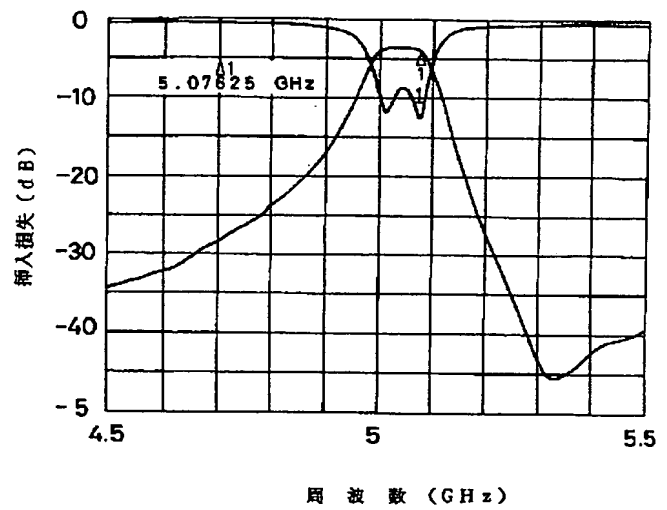
【図17】



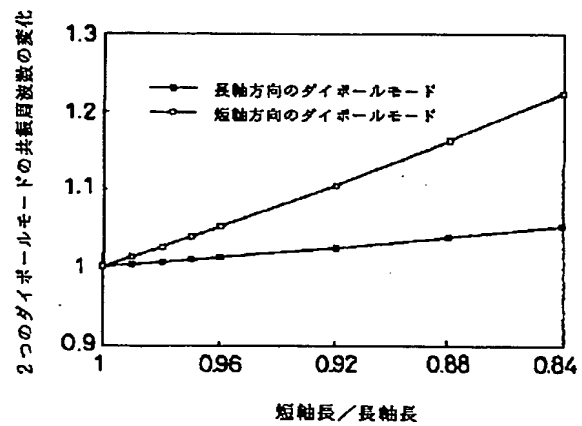
【図18】



【図19】

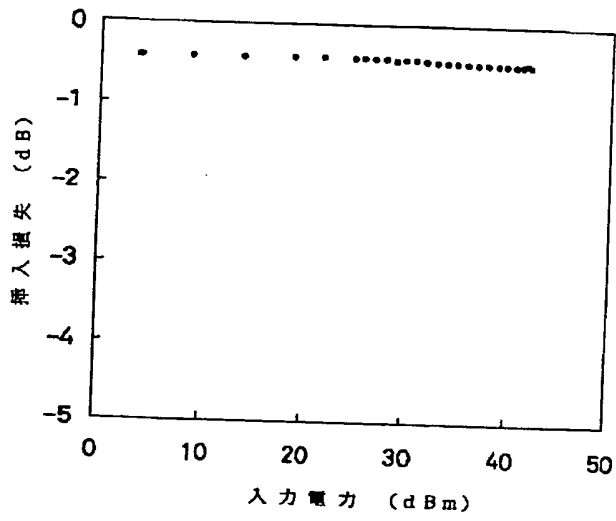


【図21】



- 1 基板 2 導体
 13 グランドプレーン
 16 接地電極
 17 先端部
 71、72 入出力端子

【図20】



【図22】

